

## A LÁNGEGYENGETÉS HŐCIKLUSAI

**Gyura László**

hegesztéstechnológiai vezető, Linde Gáz Magyarország Zrt.  
9653 Répcelak, Carl von Linde u. 1., e-mail: [Laszlo.Gyura@linde.com](mailto:Laszlo.Gyura@linde.com)

**Kuti János**

tanszéki mérnök, Óbudai Egyetem, Anyagtechnológiai Intézeti Tanszék  
1034 Budapest, Bécsi út 96b, e-mail: [kuti.janos@ka.uni-obuda.hu](mailto:kuti.janos@ka.uni-obuda.hu)

**Balogh András**

c. egyetemi tanár, Miskolci Egyetem, Anyagszerkezzetani és Anyagtechnológiai Intézet  
3515 Miskolc, Miskolc-Egyetemváros, e-mail: [balogh.andras0@gmail.com](mailto:balogh.andras0@gmail.com)

### **Absztrakt**

A láng egyengetés technológiája acélszerkezetek gyártásánál, így a nagyszilárdságú acélból készült szerkezeteknél is gyakran alkalmazott eljárás. A cikkben a nagyszilárdságú acélok legfontosabb jellemzőinek bemutatása mellett összefoglaljuk a lángtechnológiákhoz használható éghető és égést tápláló gázok fizikai jellemzőit, azok technológiai hatását, alkalmazásának előnyeit, hátrányait. Ismertetjük a technológiai legfontosabb jellemzőit, paramétereit, a leggyakrabban alkalmazott eszközöket. Különböző feltételekkel (különböző technológiai paraméterek, eltérő eszközök, lemezvastagságok, ipari gázok, más-más hűtési viszonyok stb.) vizsgáljuk a technológia hatására kialakuló hőmérséklet eloszlásokat, a munkadarabok egy-egy pontjában kialakuló hőciklusokat. A kimért hőciklusok alapján elemezzük azok lehetséges hatását az anyag szerkezetére, annak mechanikai tulajdonságaira.

**Kulcsszavak:** láng egyengetés, éghető gázok, hőciklus, nagyszilárdságú acélok

### **Abstract**

Flame straightening technology is a process which commonly used in the manufacture of steel structures, including high-strength steel structures. In addition to presenting the most important characteristics of high-strength steels, the paper summarizes the physical characteristics of flammable and oxidation gases used in flame technologies, their technological effects, and the advantages and disadvantages of their application. We introduce the most important technological characteristics, parameters and the most frequently used tools. Under different conditions (various technological parameters, different devices, plate thicknesses, industrial gases, special cooling conditions, etc.) we study the temperature fields resulting from the technology and the heat cycles at each point of the workpieces. Based on the measured heat cycles, we analyze their potential effect on the microstructure of the material and its mechanical properties.

**Keywords:** flame straightening, burning gases, thermal cycles, high-strength steels

## 1. Bevezetés

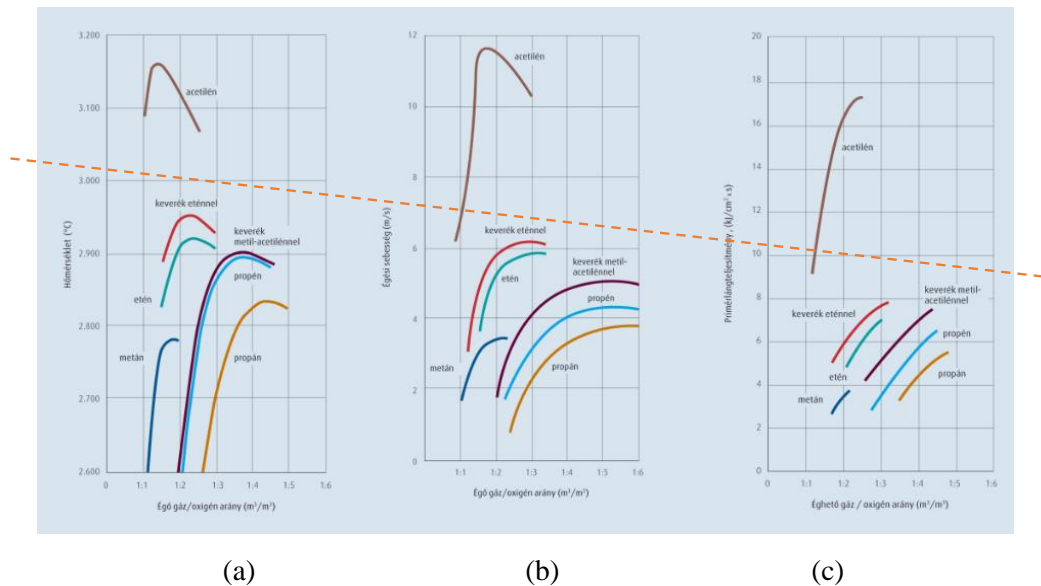
A hegesztés és rokontechnológiáik területén alkalmazott eljárások fejlődése egyre inkább háttérbe szorítja a tradicionális technológiákat, így a gázlángot használó eljárásváltozatokat is. A lángtechnológiák egy része azonban a mai fém-, elsősorban acélszerkezetgyártás eszközei, technológiái mellett is komoly szerepet játszik. Sok esetben a gyártás nélkülözhetetlen eleme az előmelegítés, vagy hegesztés utáni egyengetés, amelyekhez ezeket a technológiát kell használni. A szakemberek körében gyakran felmerül a kérdés, hogy egy-egy feladathoz milyen eszközöket, iparigázokat alkalmazzunk, amely mind műszaki, mind gazdasági kérdéseket felvet. A kiválasztott eszközök, éghető, és égést tápláló gázok esetén kiemelten fontos a technológia paraméterek meghatározása (pl. melegítési hőmérséklet, hőtartási idő, hűtés módja stb.), amely sok esetben nem annyira egyértelműen meghatározható és könnyen betartható, mint más hegesztéssel kapcsolatos eljárások esetén.

A fémszerkezetgyártókat érintő MSZ EN 1090 szabványsorozat előírási alapján bizonyos szerkezetek gyártásához a hegesztési technológiához hasonlóan a hővel történő technológiákhoz (pl. lánggyegetés) eljárási utasítást kell készíteni. Ennek betartása különösen fontos lehet az egyre gyakrabban alkalmazott nagyszilárdságú acélból készült szerkezeteknél, mivel a helytelen technológia (túlhevítés, hosszú ideig történő hőhatás, hirtelen hűtés stb.) az anyag szerkezetének megváltozásához, károsodásához vezethet. Az alábbi cikkben röviden áttekintjük a lángtechnológiákhoz alkalmazható ipari gázok legfontosabb jellemzőit, valamint bemutatjuk a lánggyegetés során kialakult hőmérsékletmezők, hőciklusok jellemzőit.

## 2. Az éghető gázok legfontosabb jellemzői

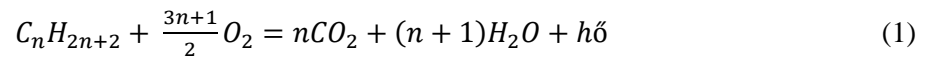
Az éghető és égést tápláló gázok legfontosabb jellemzőivel számos ismertetőben és tankönyvben találkozhatunk, amelyek összefoglalásaként korábban szerzőtársainkkal például az [1] számú szakirodalomban részletesen foglalkoztunk. A hivatkozott irodalomban szereplő összefoglalástól függetlenül a szakemberek körében általában elfogadott tény, hogy a gyakorlatban használt lángtechnológiák során a legintenzívebb, legmagasabb hőmérsékletű lángot az oxigén-acetilén gázláng adja, azaz ez a gázkeverék biztosítja jellemzően a leggyorsabb és legkoncentráltabb hevítést. Az acetilén oxigénnel történő elégetésekor létrejött magas lánghőmérsékletnek, a nagy lángteljesítménynek (hőáramnak) köszönhetően a hevítés meglehetősen intenzív. A szénhidrogének ún. alkán csoportja (általános képletük  $C_nH_{2n+2}$ ), amelyeket nevezhetünk egyéb éghető gázoknak, elégetésük során általában lényegesen kisebb hőáramot eredményeznek. (Az angol nyelvű szakirodalom az ilyen típusú éghető gázokat összefoglaló néven gyakran „slow burning” (lassú égésű) gázoknak hívják.) További különbség a tökéletes égéshez szükséges oxigén/(levegő) igény. A gyakorlatban alkalmazott éghető gázok közül az acetilén elégetéséhez van szükség a legkevesebb égést tápláló (oxigén) gázra (1., 2. ábra).

A termikus folyamatok közben alkalmazott lángtechnológiáknál mérlegelni kell továbbá azt a tényt, hogy a különböző szénhidrogének elégetése során az égéstermék vízgőz-, (pára-) tartalma különböző (lásd 1. sz. egyenlet alkánok égésének reakció egyenlete). A lassú égésű gázoknál jellemzően magasabb a keletkezett vízgőz mennyisége, amely egy hideg munkadarab felületén a hevítés során víz formájában kicsapódik (2. ábra). A hevítéstől távolabb eső részen a vízpára nem párolog el azonnal, amely a felületi korrózió kialakulása mellett egy a hevítést követő hegesztéstechnológiánál hidegrepedési veszélyt is okozhat.



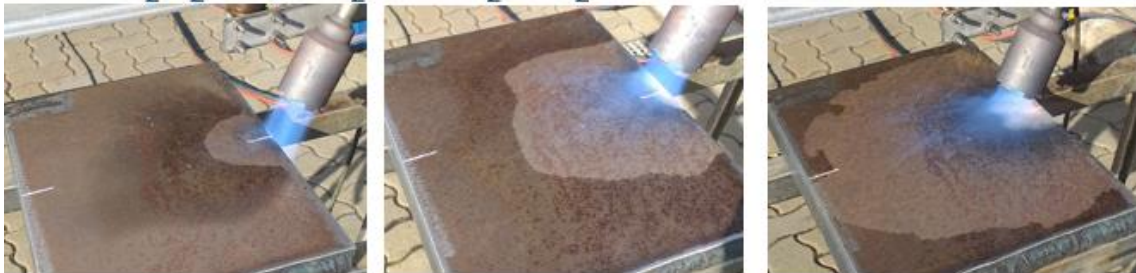
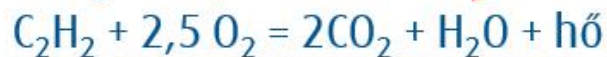
**1. ábra.** Az éghető gázok fő jellemzői (a szaggatott vonal alatt a „slow burning” gázok jellemzői)  
 (a): láng hőmérséklet, b): égési sebesség, c): hőáram / lángteljesítmény/)

Gazdaságossági kérdés lehet továbbá az égéshez felhasznált oxigén mennyisége, amely a lassú égésű gázoknál jellemzően (2-5)-ször nagyobb, mint amennyi az acetilén elégetéséhez szükséges.



Propán égése:  $C_3H_8 + 5O_2 = 3CO_2 + 4H_2O + \text{hő}$

Acetilén égése:



**2. ábra.** Szénhidrogének égésének reakcióegyenletei, összehasonlítva a keletkezett vízgőz és a szükséges oxigén mennyiségeket (a fényképeken propán láng alkalmazásakor a munkadarab felületére kicsapódott vízpára látható az égő előrehaladása közben)

Annak eldöntése, hogy egy adott technológia alkalmazásakor a nagy hőmérsékletű, intenzív acetilén-oxigén lánggal dolgozó eszközt, vagy a kevésbé intenzív egyéb szénhidrogén-oxigén, vagy egy-egy sűrített levegős égőt célszerű használni, nem egyszerű feladat. A feladattól függ, hogy az intenzív vagy kevésbé intenzív lánggal érünk el jobb eredményt anélkül, hogy az anyag szerkezetében káros elváltozásokat okoznánk. A mérlegelésnél sokszor gazdaságossági kérdések is felmerülhetnek, hiszen az acetilén beszerzési költsége lényegesen meghaladja más szénhidrogének árát (mérnöki, kontra gazdasági szempontok figyelembevétele).

Lángegyengetésnél a gyakorlatban elsősorban acetilén-oxigén üzemű égőket használnak, mivel jellemzően a nem teljes keresztmetszetre kiható technológiáknál egy gyors, jól körül határolható területet érintő felmelegítésre van szükség. Meg kell említenünk, hogy az ilyen típusú hevítéseknel a jellemzően kézi technológia jellegéből adódóan a lokális túlhevítés veszélye nagy. Sokkal kevésbé jelent ez problémát egyéb szénhidrogének alkalmazásakor, sőt vannak olyan feladatok is, amelyeknél a teljes keresztmetszetben el kell érni az egyengetés technológiai hőmérsékletét, ahol már kérdés lehet, hogy melyik alternatíva ad jobb megoldást.

Míg a hegesztett kötések gyártásánál számos ismeret és jól bevált módszer létezik a technológia hegesztett kötésre, szerkezetre gyakorolt hatásának vizsgálatára, előrejelzésére, a lángtechnológiáknak az anyagszerkezetét befolyásoló jellemzőiről lényegesen kevesebb ismerettel rendelkezünk. Különösen igaz ez a napjainkban egyre gyakrabban alkalmazott nagyszilárdságú acélok esetén.

### 3. A nagyszilárdságú acélok jellemzői

Nagyszilárdságú acéloknál az acélgyártók minimális makroötvöztetés és mikroötvözők alkalmazása mellett (mikroötvözőket előszeretettel alkalmaznak a gyártók) összetett gyártási technológiával (szabályozott (hengerlési) melegalakítás és bonyolult hőkezelések) operálnak, amelyeknek az eredménye olyan instabil anyagszerkezet (szemcse- és szövetszerkezet, rácshibák), amelyet hegesztési és egyéb termikus hőciklusok többnyire rossz irányba változtatnak és ezek a változások sem a hegesztés során, sem a hegesztéstechnológiák után nem állíthatók vissza.

A kvázinemesítő hőkezeléssel (Q+T), a termomechanikus hengerléssel (TM), a normalizálással, vagy normalizáló hengerléssel (N jelű) gyártott acéloknak a kívánt mechanikai és egyéb tulajdonságokat biztosító szövetszerkezet csak hideg állapotban (pontosabban az acélra jellemző megeresztési küszöbhőmérséklet alatt) őrizhető meg. A hideg állapot (közéértékben megközelítőleg  $T < 150$  °C) igénye a feldolgozásra és a szerkezet üzemi viszonyaira egyaránt kiterjed.

Köztudott, hogy hegesztéskor és a termikus rokontechnológiák alkalmazásakor a nagyszilárdságú acélokra jellemző szállítási szövetszerkezet kisebb-nagyobb károsodást szenved és elveszti a kedvező tulajdonságait. A kiindulási anyagszerkezet és anyagjellemzők visszaállítása hegesztés vagy egyéb termikus hatás után reális méretű és bonyolultságú szerkezeteknél (pl. személygépkocsi, teherautó, hajó, híd) nem lehetséges. A szerkezet egyes helyein lecsökkenő szilárdság, alakváltozó képesség, szívósság üzemelés közben súlyos következményekkel járó meghibásodásokhoz vezethet.

A konvencionális nagyszilárdságú acélok alacsony képlékenységi tulajdonsága hegeszthetőségi problémát, továbbá fokozott repedésveszélyt prognosztizál, és elhárítása költséges és fegyelmezett gyártást igényel (előmelegítés, szabályozott hűlési idő, húzott varratok, rétegek közötti hőmérséklet, minőségfelügyelet, személyi és berendezési feltételek). A repedésveszély az alapanyag oldaláról az ötvözők és mikroötvözők esetlegesen negatív hatásával és a falvastagsággal, mint a kedvezőtlen többtengelyű feszültségállapot egyik alapvető előidézőjével van összefüggésben.

Technológiai oldalról a megfelelő szövetszerkezet eléréséhez a CCT (folyamatos hűléshez tartozó átalakulási) görbékből kiolvasható hűléssebesség, vagy az abból származtatható hűlésidők ( $t_{8,5/5}$ ,  $t_{8/5}$ ) korlátozása (pl. a Q+T acéloknál előírandó alsó és felső korlátja) a megoldandó feladat. Ehhez a vonalenergia és az előmelegítési hőmérséklet előírása és szigorú, következetes betartása szükséges [2].

A hidegrepedések elhárítása végett hozaganyagos (exogén) hegesztéseknél a hozaganyaggal a hegfürdőbe jutó diffúzióképes hidrogéntartalmat kell korlátozni. A ma használatos acéloknál a megengedett hidrogénkoncentrációk 5 és 10 ml/100 g fém intervallumba esnek. A diffúzióképes hidrogén tartalom korlátozása szempontjából a fentiekben említett, a lángegyengetések során keletkező pára mennyiségének nagy jelentősége lehet [3].

#### 4. A nagyszilárdságú acélok lángegyengetése

A lángegyengetés azon fizikai elven alapszik, hogy a fémek hevítés hatására tágulnak, hűtés hatására pedig zsugorodnak. Amennyiben a felhevítés (hőhatás) alatt a szerkezet alakváltozása akadályozott (ez történhet akár mesterséges úton (pl. súlyterhelés, kiékelés stb.), de akár adódhat a szerkezet kialakításából is) a felhevített zónában nyomó feszültség alakul ki, amely a szerkezetet deformációra kényszeríti. Ez a maradó alakváltozás alkalmazható egy tudatos geometria kialakítására (pl. hajlítások, alakítások), ill. egy a gyártás során kialakult alakváltozott szerkezet alakjának visszaállítására is (lángegyengetés).

A hőbevitel mértéke alapján a lángegyengetést két esetre lehet osztani. Nagyon gyakori általánosan alkalmazott technológia a szerkezet teljes keresztmetszetéhez képesti részleges, gyakorlatilag csak a felületi réteg (jellemzően a teljes keresztmetszet 30-35%-áig történő) felhevítése. A hőbevitel mértéke ebben az esetben a munkadarab anyagvastagságához képest csekély, a hűlési sebesség jellemzően nagy. Amikor a munkadarab teljes keresztmetszetét lokálisan hevítjük fel, relatíve magas hőbevitelre és kis hűlési sebességre számíthatunk (1. táblázat).

1. táblázat. Ajánlás a lángegyengetés hőmérsékletének maximum értékeire

Szállítási állapot	Rövid szakaszon, felületi hevítés	Rövid szakaszon, teljes keresztmetszetű hevítés	Teljes keresztmetszetű hevítés, hosszú hűntartási idővel
Normalizált, ötvözetlen acél 355 MPa szilárdságig	$\leq 900\text{ °C}$	$\leq 700\text{ °C}$	$\leq 650\text{ °C}$
Termomechanikusan hengerelt acélok, 460 MPa szilárdságig	$\leq 900\text{ °C}$	$\leq 700\text{ °C}$	$\leq 650\text{ °C}$
Termomechanikusan hengerelt acélok 500-700 MPa szilárdság között	$\leq 900\text{ °C}$	$\leq 600\text{ °C}$	$\leq 550\text{ °C}$
Nemesített nagyszilárdságú acélok (pl. S690QL, S960QL)	$\leq$ a választott alapanyag megeresztési hőmérséklete alatt általánosan $20\text{ °C}$ -al (kb. $530\text{ °C}$ )		

Nagyszilárdságú acélok mechanikai tulajdonságai szempontjából a legfontosabb az, hogy a lángegyengetést milyen hőmérsékleten, illetve milyen hűlési feltételek között végezzük [4-6].

A többsoros varratok hegesztése során alkalmazott rétegek közötti hőmérséklet korlátozásához hasonlóan a lángot használó eljárások technológiai hőmérsékletének betartására is szigorúan figyelni kell. A teljes keresztmetszete ható melegítésekkel jellemzően nemcsak a hőmérséklet maximalizálása, de a hűntartás ideje is fontos lehet. Nagy hőmérsékleten történő hosszú idejű hűntartás olyan diffúziós fo-

lyamatok lejátszódására ad lehetőséget, amelyek fáziskiválást, szövetszerkezet változást, szemcseméret növekedést stb. okozhatnak, jelentősen rontva ezzel az anyag eredetileg beállított tulajdonságait.

A lánggyengetési hőmérséklet meghatározásához nyújt segítséget a CEN/TR 10347:2006 „Útmutató a szerkezeti acélok feldolgozásához” című műszaki jelentés, amely ajánlásokat ad a különböző technikával, technológiával kivitelezett lánggyengetések esetén az egyes típusú acélok maximális hőmérsékletére vonatkozóan [7].

A megfelelő hőmérséklet és hőmérsékletmező eléréséhez, azaz a lánggyengetés elvárható hatásfokának eléréséhez (ugyanakkor munkadarab hirtelen túlhevítésének elkerülése érdekében) az adott alapanyag esetén a falvastagsághoz illesztett teljesítményű égőt kell választani (lásd 2. táblázat).

**2. táblázat. Ajánlás a lánggyengetéshez használható acetilén-oxigén üzemű égők méreteire [3]**

Lemezvastagság tartomány [mm]			Égőszár mérete	Átlagos térfogatáramok [l/h]	
Ötvözetlen és gyengén ötvözött acél	Erősen ötvözött, Cr-Ni acél (ausztenites)	Alumínium ötvözetek		Acetilén	Oxigén
1-2	2-3	1-2	2	150	170
2-4	3-4	2-3	3	300	330
2-5	5-8	2-4	4	500	550
4-6	7-12	3-5	5	750	850
5-7	10-18	4-8	6	1150	1300
6-12	15-30	5-10	7	1700**	1900
10-16	25-50	8-15	8	2500**	2750
15-25	>50	10-20	*	-	-
20-40	>50	15-30	*	-	-

\*speciális nagy teljesítményű égő javasolt

\*\* legalább kettő acetilén palack összekapcsolása, vagy acetilén palackköteg használata javasolt

Ahogy azt már említettük, a hűlési feltételek meghatározók a kialakult, az anyagban lejátszódó folyamatokra. A gyakorlatban a technológia gyorsítása érdekében a szakirodalom által javasolt nyugvó levegőn történő hűlési viszonyokkal szemben gyakran alkalmaznak vízzel (esetleg fűvott levegővel) történő hűtést, ami nagyszilárdságú acéloknál különösen kritikus következményekkel járhat.

## 5. A lánggyengetés hatására kialakuló hőciklusok

A lánggyengetés hatására bekövetkező hőciklus és hőmérsékleteloszlás vizsgálatára 30 mm-es vastagságú, S355 anyagminőségű lemezen végeztünk kísérleteket különböző peremfeltételekkel. (Mivel a vizsgált anyag hőfizikai tulajdonságai gyakorlatilag azonosak a nagyszilárdságú acélok hasonló jellemzőivel, azt gondoljuk, hogy a kimért hőciklusok alkalmazhatók cikkünk tárgyát képező alapanyagok esetében is.) Kísérleteinkhez a hegesztett szerkezetek egyengetésének egyik legáltalánosabb hevítési módját választottuk, az égő gépi úton történő mozgatásával. A vizsgált lemezt vonal mentén hevítettük (lásd. 3. ábra jobb alsó kép) úgy, hogy a lemezvastagsághoz választott nagy teljesítményű égővel a lemez felső harmadán kívántuk a hőmérsékletet az egyengetés hőfokára emelni.

Annak érdekében, hogy a túlhevítés hatását is vizsgálni lehessen, méréseink során a munkadarab felületét kismértékben túlhevítettük (a felületen megközelítettük a közel 1000 °C hőmérsékletet is). A munkadarabban több termoelemet helyeztünk el (lásd 4. ábra, ill. 3. táblázat), amelyek egy kivételtől

eltekintve jellemzően a munkadarab felületi hőmérséklet változását mérték. Mindezek alapján rendelkezésünkre áll olyan hőciklus, amely kismértékben túlhevített ponthoz, ill. olyan is amely a korábban bemutatott táblázatban javasolt maximális hőmérsékletéhez köthető (nem közvetlenül a lánggal érintett területhez tartozó). A vizsgálatokat acetilén-oxigén üzemű égővel, valamint a slow burning gázok közül propán/bután (PB)-oxigén üzemű égővel is elvégeztük, miközben a felhasznált gázok térfogat-áramát rotaméteres áramlásmérőkkel folyamatosan mértük (3. ábra jobb felső kép).



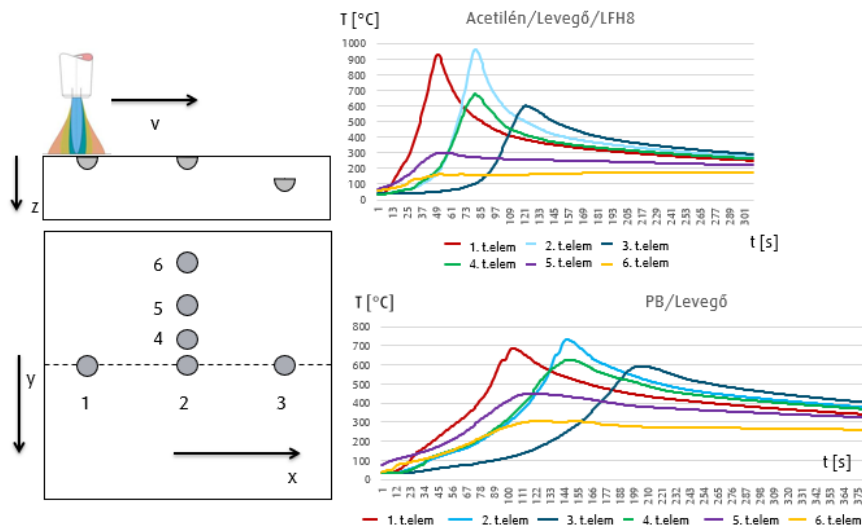
3. ábra. A kísérleti elrendezés, a kísérlethez használt eszközök

3. táblázat. A hőciklus felvételeknél alkalmazott technológiai paraméterek, és a hőelemek elhelyezkedésének koordinátái [4]

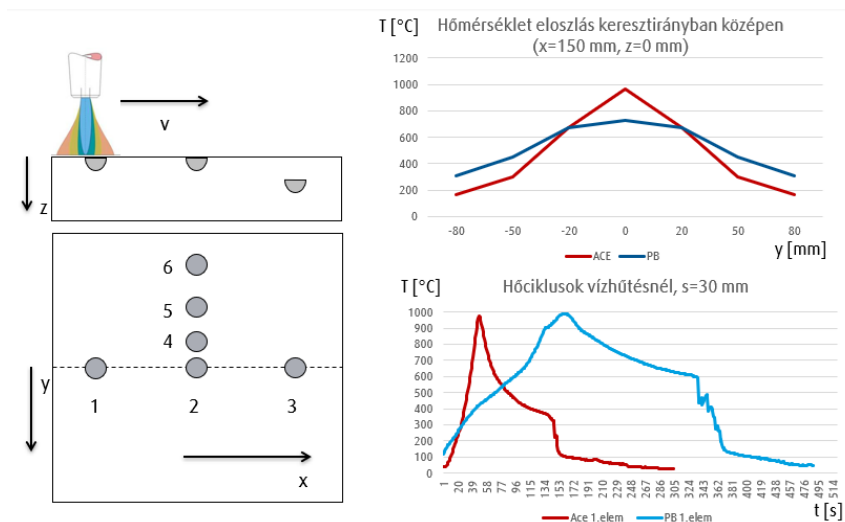
Égő típus	Ipari gáz	Nyomások (bar)			Térfogatáram (l/h)			Égő sebesség v (cm/min)	Égő- mdb távolság l (mm)	Kivárási idő t (sec)	Hűtési mód	Égő pozíció
		p O <sub>2</sub>	p C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	p PB	V O <sub>2</sub>	V C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	V PB					
LFH8	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> /O <sub>2</sub>	5	1	–	2000	1800	–	15,5	18	10	víz	15 fok toló
LFH8	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> /O <sub>2</sub>	5	1	–	2000	1800	–	15,5	18	10	normál	15 fok toló
PM5H	PB/O <sub>2</sub>	4	–	1	5000	–	1600	11	30	30	víz	15 fok toló
PM5H	PB/O <sub>2</sub>	4	–	1	5000	–	1600	11	30	30	normál	15 fok toló
Hőelemek helye (középvonalhoz /y=0/, hevített felülethez /z=0/, kezdési ponthoz /x=0/ képest (mm))												
		1. elem	2. elem	3. elem	4. elem	5. elem	6. elem					
	x	70	150	230	150	150	150					
	y	0	0	0	20	50	80					
	z	0	0	-5	0	0	0					



A mérésekhez használt technológia paramétereit, valamint a hőmérsékletméréshez használt hőelemek elhelyezkedését a 3. táblázatban foglaltuk össze. A 30 mm-es lemezvastagsághoz hasonlóan a hőciklusok felvételét 8 mm-es lemezvastagság esetén is elvégeztük, az ehhez alkalmazott technológiai paramétereket terjedelmi okokból nem részletezzük.

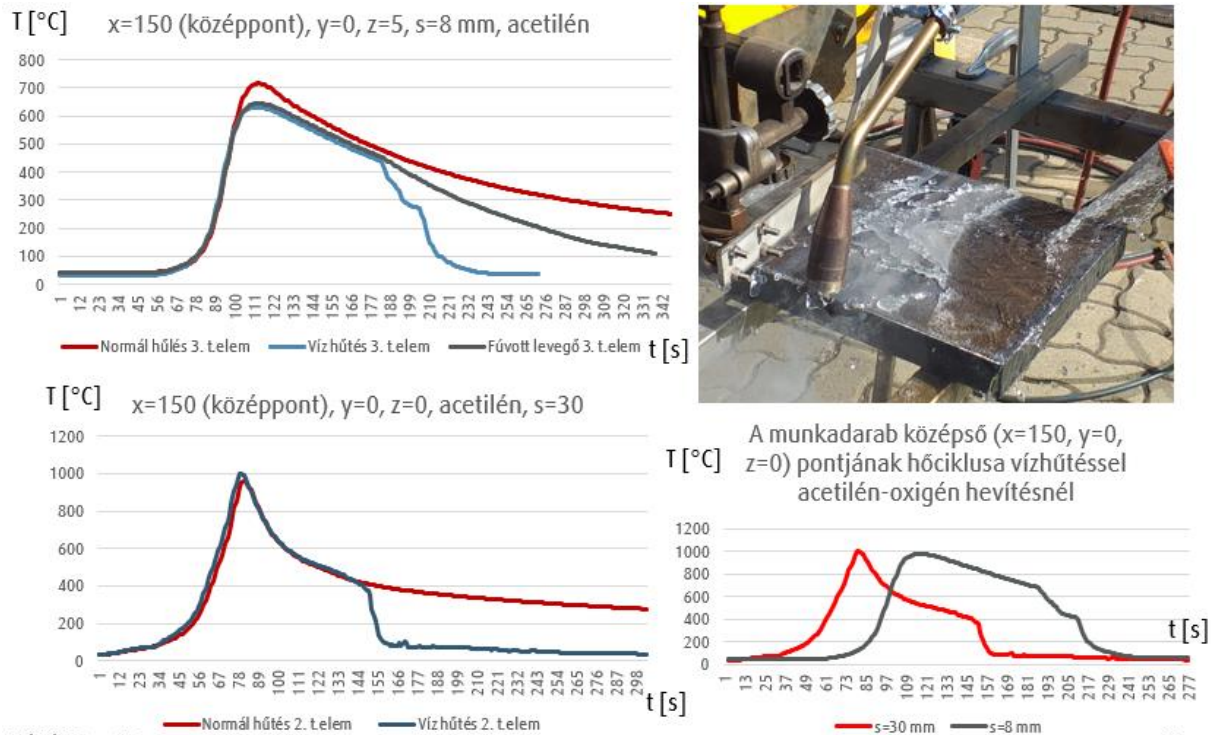


**4. ábra.** A 30 mm vastagságú lemez lánggyengetésénél kialakuló hőciklusok acetilén-oxigén (jobb felső diagram) és PB üzemű égők (jobb alsó diagram) használatakor a munkadarab különböző pontjain, nyugvó levegőn történő lehüléskor



**5. ábra.** Acetilén (ACE) és PB üzemű égőkkel végzett melegítés hatására kialakuló hőmérséklet eloszlás (az égő mozgásirányhoz képest merőleges síkban, valamint egy adott pont (1) hőciklusok vízhűtésével)





6. ábra. A hűtési mód hatása a kialakuló hőciklusra vastag és vékony lemez esetén

A felvett hőciklusok alapján az alábbi következtetések vonhatók le:

- az acetilénnel a PB-hez (lassú égésű gázokhoz) képest lényegesen gyorsabban elérhető az egyengetési hőmérséklet (a technológia gyorsabban elvégezhető),
- a mozgási irányra merőleges hőhatásövezet szélessége acetilénes melegítésnél jelentősen keskenyebb,
- a hőntartás ideje (egy adott hőmérséklet -pl.  $A_1$ - felett eltöltött idő) a slow burning gázoknál szignifikánsan hosszabb, azaz az érintett zónában hosszabb idő áll rendelkezésre az esetleges diffúziós, szemcsedurvulási stb. folyamatok lejátszódására,
- a nyugvó levegőn történő, és fúvott levegővel történő hűtés között jelentős különbség még kis lemezzvastagságnál sincs,
- a vízzel való hűtés vékony lemeznél, illetve slow burning gázoknál kritikusabb lehet, mivel az érintett zóna hőmérséklete az intenzív hűtés kezdetén még nagy, így a még nagy hőmérsékletű zónából történő gyors hűtés az anyagszerkezet változását kedvezőtlenül befolyásolhatja.

A fenti következtetések alapján a lánggyengetés szerszámai és technológiai paraméterei stb. egyértelműen hatással lehetnek, meghatározhatják az alakított, egyengetett szerkezet lokális mechanikai tulajdonságait. A felvett hőciklusok alapján a Miskolci Egyetemen rendelkezésre álló Glebble hőszimulációs berendezés segítségével a jövőben a lánggyengetés hatásának vizsgálata céljából (hasonlóan az ívhegesztésekre jellemző hőhatásövezet vizsgálatához) a technológia nagyobb próbatesten való programozott szimulációját, ill. annak vizsgálatát céloztuk meg [8].

## 6. Összefoglalás

A lángtechnológiákhoz használható ipari gázok jellemzőinek ismertetése után cikkünkben röviden összefoglaltuk a nagyszilárdságú acélok feldolgozásakor a termikus technológiáknál előforduló folyamatok várható hatásait. A leggyakrabban alkalmazott lánggyenygetési technológiákkal, különböző peremfeltételekkel vizsgáltuk vékony és vastag lemeznél a hőmérséklet-változás jellemzőit. A vizsgált lemezek több pontjában kimértük a hőmérséklet időbeli változását, azaz az adott pontok hőciklusait.

A jövőben elemezni fogjuk, hogy a felvett hőciklusokból mely mérőszámok (adott hőmérséklet feletti eltöltött idő, hűlési sebesség, hűlési idő stb.) határozhatók meg (hasonlóan a hegesztéstechnológiáknál használt  $t_{8,5/5}$ ,  $t_{8/5}$  hűlési időkre), amelyek leginkább alkalmasak a hőhatás közben lejátszódó folyamatok hatásának vizsgálatára, jellemzésére.

Tervezzük továbbá a már említett Gleeble szimulációval, a kimért idő-hőmérséklet görbék alapján programozott hőciklussal terhelt próbadarabok vizsgálatát, a kialakult szövetszerkezet, ill. mechanikai tulajdonságok változásának követését. Eredményeinkről egy következő publikációban számolunk be.

## Irodalom

- [1] Balogh D., Abaffy K., Gyura L.: Éghető gázok alkalmazásának tapasztalatai, 28. Hegesztési Konferencia, Dunaújváros, Dunaújvárosi Egyetem, 2016. pp. 1-17.
- [2] Gáspár M.: Nemesített nagyszilárdságú szerkezeti acélok hegesztéstechnológiájának fizikai szimulációra alapozott fejlesztése, PhD értekezés, Sályi István Gépészeti Tudományok Doktori Iskola, Miskolci Egyetem, 2016. p. 128.
- [3] Balogh A., Prém, L., Gáspár, M.: A hegesztett szerkezetek konvencionális és korszerű nagyszilárdságú acéljainak rendszerezése és hegesztési nehézségei, GÉP, 64 (8), 2013. pp. 7-12,
- [4] Gyura L., Balogh D., Szeránku M.: Hegesztett szerkezetek lánggyenygetése, 27. Hegesztési Konferencia, 2014. pp.: 175–184.
- [5] Schäfer D., Rinaldi V., Beg D.: Optimisation and improvement of the flame straightening process (Optistraight), Research Fund for Coal and Steel, 2012, ISBN: 978-92-79-22426-3, pp.: 7-12, 117-128.
- [6] Nacsa G., Gyura L.: Effect of flamestraightening on material properties of Q+T high strength steels, MultiScience - XXXIII. microCAD International Multidisciplinary Scientific Conference, Miskolc-Egyetemváros, Magyarország: Miskolci Egyetem, (2019) pp. 1-12. Paper: B-6, 12 <https://doi.org/10.26649/musci.2019.014>
- [7] CEN/TR 10347:2006 Guidance for forming of structural steels in processing, BSI, ISBN: 0 580 49285 0, pp.: 9-10.
- [8] Gáspár M.: Effect of Welding Heat Input on Simulated HAZ Areas in S960QL High Strength Steel, Metals 2019, 9(11):1226. <https://doi.org/10.3390/met9111226>